aci avances en ciencias e ingenierías

Artículo/Article
Sección C/Section C
Vol. 16, nro. 1
e3226

Los indicadores de desempeño de la distribución urbana de mercancías: Un análisis bibliométrico

Alejandro Molina[1]*, Cristian Gómez[1], Conrado Serna[1]

[1]Instituto Tecnológico Metropolitano, Departamento de Calidad y Producción, Medellín, Colombia

Autor de correspondencia: alejandromolina244949@correo.itm.edu.co

Performance Indicators for Urban Goods Distribution: A Bibliometric Analysis

Abstract

This paper presents a systematic literature review of Urban Freight Transport (UFT) in last mile logistics, using the PRISMA methodology, and a bibliometric analysis based on statistical assessments of both quality and quantity. The search was conducted in Web of Science and Scopus databases. The authors identified a growing interest from researchers across various countries and the adoption of technological approaches to address this critical aspect of the supply chain. This detailed analysis revealed a multifaceted landscape of UFT, highlighting the diversity of performance indicators assessed in the reviewed studies. These indicators have allowed the identification of key factors influencing goods delivery in urban settings and their interaction with diverse variables, assessed through a variety of evaluation methods. As a result, a classification taxonomy encompassing ten types of indicators, organized into sub-indicators based on their nature and focus, is proposed. In summary, this study provides a comprehensive overview of the current literature on Urban Goods Distribution (UFT) and presents a groundwork for future research. Additionally, it offers guidance for addressing challenges in last-mile logistics. These findings have the potential to influence decision-making and policy design in the field of urban logistics, thereby contributing to the advancement of knowledge and efficiency in this crucial area of modern logistics.

Key words: Urban logistics, Urban Distribution, Indicators, Performance Factors

Resumen

Este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura sobre Distribución Urbana de Mercancías (DUM) en logística de última milla, utilizando la metodología PRISMA y un análisis bibliométrico basado en análisis estadísticos de calidad y cantidad. La búsqueda se realizó en las bases de datos Web of Science y Scopus. Los autores identificaron un creciente interés de investigadores de diversos países y la adopción de enfoques tecnológicos para abordar este aspecto crucial de la cadena de suministro. Este análisis detallado reveló un panorama multifacético de la DUM, destacando la diversidad de indicadores de desempeño evaluados en los estudios revisados. Estos indicadores han permitido identificar factores clave que influyen en la entrega de mercancías en entornos urbanos y su interacción con variables diversas, evaluadas mediante una variedad de métodos de evaluación. Como resultado, se propone una taxonomía de clasificación que abarca diez tipos de indicadores, organizados en subindicadores según su naturaleza y enfoque. En resumen, este estudio ofrece una visión integral de la

OPEN ACCESS

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0

Editado por / Edited by:
Eva O.L. Lantsoght

Recibido / Received:
18/01/2024

Aceptado / Accepted:
23/02/2024

Publicado en línea / Published online:
18/03/2024

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

literatura actual sobre DUM y presenta una base para futuras investigaciones. Además, proporciona orientación para abordar los desafíos en la logística de última milla. Estos hallazgos tienen el potencial de influir en la toma de decisiones y el diseño de políticas en el ámbito de la logística urbana, contribuyendo así al avance del conocimiento y la eficiencia en esta área crucial de la logística moderna.

Palabras clave: logística urbana, distribución urbana, indicadores, factores de desempeño

INTRODUCCIÓN

La demanda de entregas en la última milla ha experimentado un notable incremento en el mercado actual, generando desafíos significativos en términos económicos y ambientales [1,2]. El comercio en línea ha sido uno de los grandes impulsores de este incremento, lo que ha resultado en una mayor frecuencia y flexibilidad de los envíos y entregas a pequeña escala. El aumento en la frecuencia de envíos produce un crecimiento en el número de viajes realizados por vehículos medianos y pequeños en el transporte de carga urbano [3], generando ineficiencias en las entregas de última milla [4]. Además, conlleva problemas de congestión vial, impacto ambiental y costos elevados de transporte [5].

En Estados Unidos, este aumento en la actividad de transporte ha suscitado preocupaciones económicas y medio ambientales entre las que se encuentran el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en un 24%, situando al sector como el principal contribuyente a las emisiones en comparación con otros sectores [6], y, además, el elevado costo del transporte en la última milla dentro de la cadena de suministro [7,8]. Este panorama ha motivado la necesidad de abordar el impacto ambiental asociado [9], las externalidades negativas generadas por el movimiento de mercancías en entornos urbanos, y aliviar la congestión vehicular en estas áreas [10], que mejoren la eficiencia en las operaciones de transporte considerando las partes interesadas involucradas y la importancia de abordar estos desafíos en términos de ciudades sostenibles e inteligentes.

En este contexto, se ha resaltado la relevancia de explorar alternativas de transporte, como el uso de drones, vehículos eléctricos y bicicletas, lo que ha dado lugar a un enfoque multimodal en la Distribución Urbana de Mercancías (DUM) [11,12]. Sin embargo, con este enfoque no es suficiente lograr la reducción del impacto ambiental y económico, ya que también es importante que las ciudades cuenten con la infraestructura adecuada para que se pueda brindar un buen servicio en términos de calidad, además de contar con el apoyo indispensablemente de los entes gubernamentales para que propicien estas condiciones. En este sentido, el presente estudio busca indagar sobre los factores que están involucrados en la DUM y los métodos de evaluación de estos, a partir de los tipos de problemas abordados en la logística de última milla.

Actualmente, existe una brecha en la literatura con respecto a la evaluación de indicadores para medir y optimizar la DUM desde perspectivas económicas y ambientales. Esta brecha cobra mayor relevancia debido al crecimiento exponencial en la demanda de productos a través de plataformas digitales [13]. El aumento de la demanda enfoca la atención en la necesidad de asegurar que el crecimiento económico no comprometa la calidad de vida en

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

las ciudades, evitando un mayor consumo energético derivado de las operaciones logísticas y, por ende, un impacto ambiental más significativo. Por esta razón, este estudio busca proporcionar una visión completa y objetiva de los indicadores de desempeño abordados y empleados en el último eslabón de la cadena productiva, como lo es la logística de última milla. Además, explora diversas alternativas para abordar y evaluar estos indicadores.

El documento está organizado de la siguiente manera: en la sección 1 se presenta la introducción, en la sección 2 se expone la metodología seguida en el artículo, el análisis bibliométrico se muestra en la sección 3, junto con los resultados de la revisión sistemática de la literatura. Finalmente, en la sección 4 se presentan las conclusiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una revisión de la literatura eficiente implica consultar diferentes fuentes de información de manera rigurosa y seguir unas etapas que permitan identificar contribuciones en el área de estudio [14]. Además de que construye conocimiento de manera confiable, la revisión sistemática de la literatura crea una base firme para progresar en el conocimiento y hacer más fácil el desarrollo de la teoría [15].

En este estudio, se adoptó la metodología PRISMA, siguiendo un enfoque similar al presentado por Moher et al. [16]. Esta metodología cuenta con una serie de etapas que permiten rastrear la información necesaria de manera eficiente y precisa con relación a las preguntas de investigación que fundamentan la revisión sistemática. Las preguntas de investigación (P.I) en este estudio son:

P.I. 1) ¿Cuáles son los principales indicadores de desempeño utilizados en el estudio y análisis de la logística de última milla y DUM?

P.I. 2) ¿Qué métodos se han utilizado para medir y evaluar estos indicadores de desempeño?

Para dar respuesta a estas preguntas se realizó la revisión sistemática de la literatura, en la cual se empleó una estrategia de búsqueda con una ecuación que contenía palabras clave relevantes. Esta búsqueda se limitó temporalmente desde el año 2013 hasta junio de 2023. La ecuación utilizada fue la siguiente: ((“city logistic” OR “last mile” OR “urban freight transport” OR “outbound logistics”) AND (“performance measure” OR goal OR objective) AND (simulation OR optimization OR simuling OR optimazing)). Esta ecuación se consultó en las bases de datos Scopus y Web of Science. Los resultados encontrados en Scopus fueron 346 documentos y en Web of Science 175 documentos. En la figura 1 se presenta el flujograma relacionado al proceso de rastreo bibliográfico.

En el proceso de búsqueda, se aplicaron criterios de inclusión rigurosos, empleando un análisis bibliométrico basado en cualificar y cuantificar los datos, los cuales permitieron identificar problemas relacionados con la DUM, considerando diversas modalidades de transporte de carga. Como primer criterio, se eligieron artículos que abordaban la logística urbana de mercancías, transporte de mercancías y logística de última milla en general. En segundo lugar, se tomaron en cuenta trabajos que abordaron problemas de

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

distribución, localización, asignación, entre otros. Por último, se eligieron artículos que trataron principalmente temáticas de simulación y optimización, ya que la probabilidad de encontrar indicadores medibles era mayor en estos. Se excluyeron investigaciones relacionadas con desastres naturales y logística humanitaria, investigaciones que abordaron redes de distribución en el contexto de telecomunicaciones, el diseño de redes de conectividad de internet. Por su parte, también el transporte de pasajeros y de eslabones distintos a la última milla en la cadena de suministro, como lo son el almacenamiento y la producción o, problemas de localización de instalaciones empresariales y distribución de mercancías en áreas no urbanas. Se seleccionaron 129 documentos que cumplieron con los criterios de inclusión, mientras que 232 fueron excluidos.

RESULTADOS

Los resultados de la investigación se dividen en dos partes. La primera se relaciona con los hallazgos que se derivan del análisis bibliométrico, basado en el total de registros obtenidos directamente de las bases de datos. La segunda implica la revisión sistemática de la literatura, utilizando los registros seleccionados. En la figura 1, se pueden observar las diferentes etapas de esta investigación. En la etapa de Identificación surgieron los resultados del análisis bibliométrico. Las etapas subsiguientes de Filtración, Idoneidad e Inclusión corresponden a la revisión sistemática de la literatura, durante la cual se identificaron y clasificaron los indicadores de desempeño en la DUM.

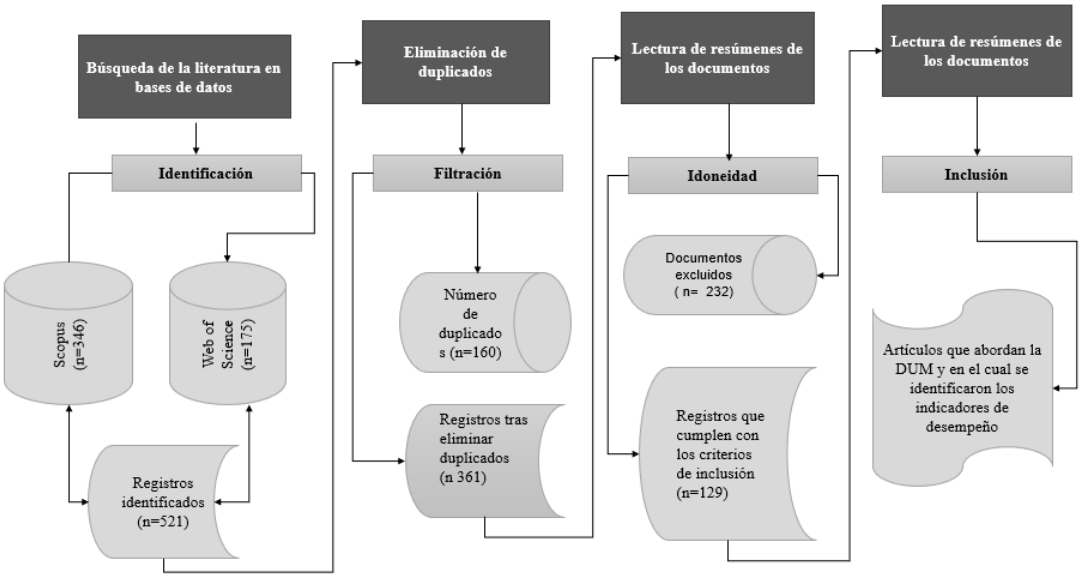

Figura 1. Diagrama de flujo metodología de la revisión sistemática de literatura

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

Producción sobre la DUM y sus indicadores de desempeño

En el número de publicaciones por año, se muestra una tendencia creciente sobre las publicaciones en logística de última milla y los indicadores de desempeño. En la figura 2, se puede observar el comportamiento de las publicaciones durante 10 años de registros bibliométricos.

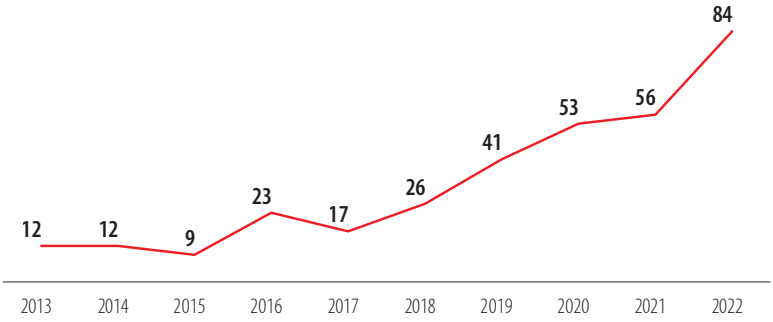

Figura 2. Representa el comportamiento anual de las publicaciones durante los diez años observados.

Se observa una tendencia constante de crecimiento a partir de 2018. Además, en 2019 se registra un aumento significativo en comparación con años anteriores. El incremento se mantiene hasta 2022, siendo este último año el más alto en publicaciones en relación con el anterior, con un aumento de 28 publicaciones en comparación con los 361 artículos revisados en la investigación. En este sentido, *Transportation Research Procedia y Sustainability (Switzerland)* destacan como las dos revistas con más de 10 publicaciones en comparación con otras. En cuanto al análisis de calidad, estas revistas han tenido el mayor número de citaciones, con 459 y 409 respectivamente como se ve en la figura 3. Las 15 revistas más citadas representan aproximadamente el 50% del total de citas, lo que evidencia la influencia que tienen estas revistas en las publicaciones sobre Distribución Urbana de Mercancías (DUM) y logística de última milla.

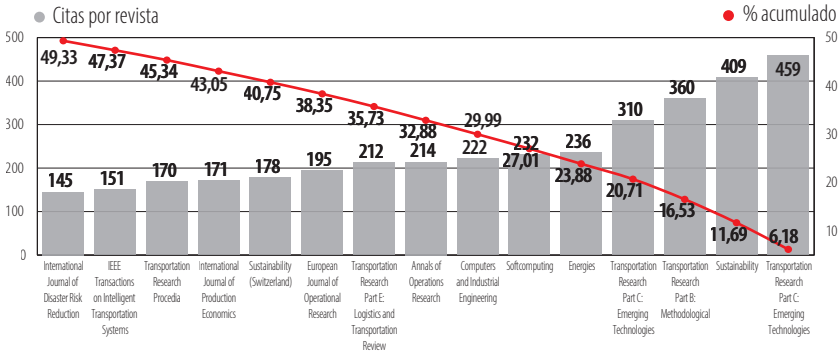

Figura 3. Citas por revista

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

Red de coautoría

Un total de 589 autores participaron en las publicaciones sobre indicadores en la DUM, de los cuales un solo autor publicó 7 veces, dos autores 4 veces, 11 autores 3 veces, 33 autores dos veces y 542 solo hicieron una publicación. La figura 4 representa la red de coautoría en las diferentes investigaciones. Cabe destacar que el autor que presentó más colaboración con otros autores es Wang Yinhai, colaborando con 11 autores diferentes. Otros de los autores que presentaron una colaboración conjunta y productiva con otros autores fueron Liu Dan y Kaisar Evangelos I., con 10 publicaciones en colaboración cada uno respectivamente.

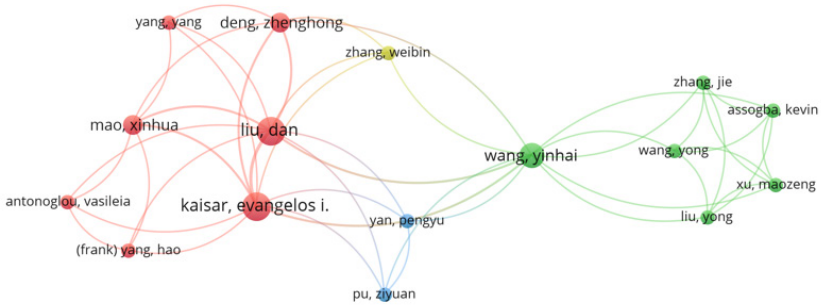

Figura 4. Visualización de la red de coautoría

Red de coocurrencia

El análisis de clústeres revela distintas temáticas abordadas en el contexto de la DUM y la logística de última milla. El clúster amarillo se enfoca en la logística de transporte urbano, con énfasis en la planificación de rutas, enrutamiento de vehículos y operaciones de flotas. El clúster rojo se centra en la optimización de procesos y modelización de sistemas, incluyendo aspectos como ventanas de tiempo, optimización y desarrollo sostenible. En el clúster azul se destacan palabras relacionadas con la optimización y algoritmos, como la satisfacción del cliente, optimización multiobjetivo y algoritmos genéticos. Finalmente, el clúster verde aborda temas de comercio electrónico y última milla, incluyendo aspectos como el uso de drones, simulación y calidad de servicio en las entregas. Este análisis sirvió para agrupar palabras frecuentes en los datos bibliográficos encontrados. Se distinguieron patrones o características compartidas entre las palabras, formando así temáticas importantes en la investigación. Como herramienta de análisis se utilizó el *software* VOSviewer.

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

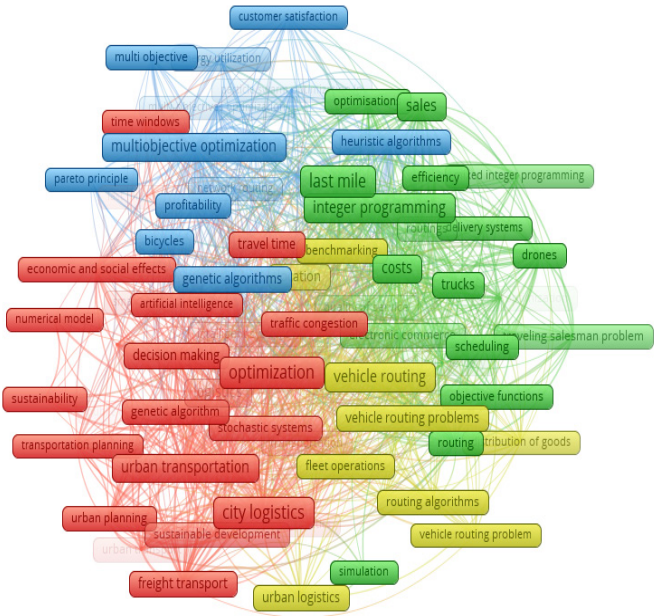

Figura 5. Palabras claves del conjunto de documentos revisados

Indicadores de desempeño

Los indicadores de desempeño fueron asociados a una categorización basada en el análisis de la literatura. Esta categorización se puede observar en la figura 6, con la frecuencia de utilización del indicador en los diferentes documentos. Cada categoría fue conformada por un conjunto de indicadores y clasificados de acuerdo con el contexto de uso y el tipo de solución.

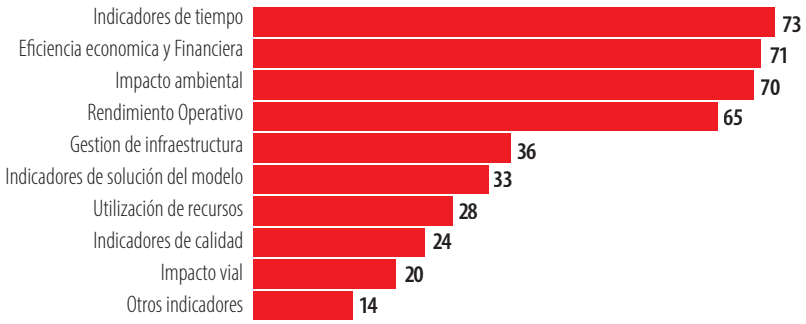

Figura 6. Categoría de indicadores

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

Indicadores de tiempo

En logística de última milla, los indicadores clave para evaluar la eficiencia temporal son el Tiempo de Viaje, que cuantifica el tiempo de desplazamiento vehicular [17], y la Duración de Entrega, representando el tiempo total de operaciones [18]. Por su parte Le Colleter et al. [19], trabajó el tiempo de entrega repartidores que realizan la entrega caminando.

Se ha abordado la duración total de todas las operaciones de entrega y tareas relacionadas desde el inicio hasta la finalización (*makespan*) [20,21]. Los ahorros en el *makespan* evalúan mejoras al introducir operaciones alternativas [22,23]. El Tiempo de Entrega indica el tiempo que toma entregar un paquete desde el centro de consolidación hasta el destino final [24] y la Latencia Total [25], representa el tiempo total necesario para completar todos los pedidos desde su liberación hasta su entrega. Adicionalmente, existe el Tiempo de Transporte Actual [26], que significa el tiempo real requerido para llevar a cabo el proceso de transporte, incluyendo el tiempo de viaje y posibles retrasos.

Indicadores de tiempo de espera

En este tipo de indicadores de hallaron factores como el Tiempo de Espera, que es el tiempo que se pasa aguardando para entregar las mercancías dentro de las ventanas de tiempo especificadas [27]. También se refiere al tiempo que la carga debe esperar para ser recogida. Se utilizó este concepto como el tiempo que un vehículo debe esperar en cada parada durante la realización de tareas como carga, descarga, interacción con clientes y otras operaciones [28]. Asimismo, el tiempo de espera fue utilizado en la preparación y recogida de pedidos como lo hacen recogida [29]. Por su parte recogida Salama y Srinivas [20] trabajaron el Tiempo de Hovering de Vehículos, como el tiempo que los vehículos pasan en espera antes de que se les asigne una tarea específica. Por último, se identificó el Retraso Total en la Entrega para medir la cantidad total de tiempo que cada cliente debe esperar más allá de sus ventanas de tiempo de entrega especificadas para recibir sus productos [22,30].

Impacto ambiental

Estos indicadores incluyen métricas como la sostenibilidad ambiental, que se refiere a la capacidad de reducir el impacto ambiental de la cadena de suministro y el buen uso de los recursos naturales, y la adopción de prácticas sostenibles en las operaciones logísticas y productivas [31]. También se enfocan en la emisión de contaminantes atmosféricos, como gases de escape de vehículos, que afectan la calidad del aire y la salud pública en áreas urbanas [13].

Algunos autores que trabajaron este tipo de indicadores [32] destacaron la Sostenibilidad Ambiental como la capacidad de reducir el impacto ambiental y adoptar prácticas sostenibles. Propusieron el Porcentaje de Emisiones de Carbono respecto a la Carga Total (CO_2/TC) para evaluar la intensidad de carbono en operaciones de distribución [33]. Además, dieron un enfoque en la Emisión de CO_2, representada por la cantidad de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como resultado de las actividades de transporte [3,34,35].

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

En cuanto al impacto ambiental y la sostenibilidad energética, se midió el Consumo de Combustible, como la cantidad consumida de combustible durante el proceso de transporte [36]. También se analizó la Eficiencia Energética de los vehículos de reparto medida como el consumo de energía de los vehículos eléctricos y la capacidad de sus baterías [37]. Se evaluó el Impacto en el Uso del Suelo derivado de las operaciones en la DUM [38]. Además, se contribuyó con la Reducción del Ruido en entregas urbanas para un entorno más silencioso [31].

Finalmente, se ofrecieron perspectivas valiosas en la comparación de combustible entre Diesel y gas licuado de petróleo (GLP), lo cual genera la comprensión de la sostenibilidad desde la perspectiva del tipo de combustible utilizado [3].

Impacto económico

En el análisis de indicadores relacionados con el impacto económico en la DUM, se distinguen los siguientes acercamientos. Se abordan los costos económicos vinculados directamente con la adquisición y operación de vehículos de distribución, abarcando aspectos como la compra, el mantenimiento y los costos energéticos [39]. Se focalizaron los elementos fijos asociados con la operación de vehículos de distribución denominado (Costo Fijo de los Vehículos (FC)) [33]. A su vez, se contribuyó con el Costo Operativo Promedio, evaluando los gastos promedio para operar vehículos autónomos en entregas urbanas [40].

Entre los costos asociados a la ruta, los indicadores utilizados fueron: el costo por entrega (CPD), como un indicador esencial para evaluar los costos asociados con la entrega de pedidos [29]. Se aportó con el *Travel Cost*, que calcula el costo total de viaje de todos los vehículos en el servicio de entrega [41]. Por otro lado, se evaluó el costo global vinculado con el enrutamiento de vehículos mediante el Costo Total de Ruta [19].

Como indicadores financieros, se propone el uso del KPI Financiero (*Key Performance Indicator*), basado en datos financieros de transportistas [42]. Se examinaron los ingresos (*revenue*) generados por el servicio de distribución urbana, considerando la entrega de paquetes [43]. Se trabajó las ganancias como un índice de rentabilidad [44] y se usaron métricas clave como la Relación Beneficio-Costo (BCR) y el Valor Presente Neto (VPN) [32], evaluando la viabilidad económica de proyectos logísticos urbanos. En esta misma dirección, se evalúa la rentabilidad del sistema de transporte de carga en áreas urbanas [39,40] y el Costo Total del Sistema Promedio como un indicador integral que considera los costos totales en la distribución urbana.

Eficiencia operativa y rendimiento operacional

En la DUM, diversos indicadores han sido identificados para evaluar la eficiencia y rendimiento de las operaciones logísticas. Se ha resaltado la importancia de la distancia total recorrida por todos los vehículos para completar entregas [30]. Así como se consideró la distancia recorrida durante la operación, medida durante el consumo de combustible [45]. Por otro lado, se subrayó la influencia de la densidad de la ruta en la eficiencia de la planificación de la misma, calculada como la proporción entre el tiempo de viaje y el tiempo de carga y descarga [46]. Se definió la distancia de viaje como la distancia total recorrida para realizar entregas [29].

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

En términos de eficiencia operativa, se resaltó la importancia de la eficiencia en tareas como el ensamblaje y la preparación de pedidos en las operaciones de última milla [47]. Se describió la programación eficiente de tareas como la optimización de la secuencia y horario de tareas en cada parada del camión, incluyendo la gestión de vehículos y la interacción con los clientes [20]. Se abordó la eficiencia en el movimiento de los vehículos durante las operaciones, evaluando la velocidad promedio y su variabilidad [17].

En cuanto al rendimiento, se trabajó un indicador que evalúa la velocidad real en comparación con la velocidad planificada, midiendo la eficiencia en el transporte durante las operaciones [26]. Se investigó cómo la variación de la relación de velocidad afecta indicadores de desempeño, como los costos totales de entrega [48]. Se definió la velocidad de los vehículos en las entregas como la velocidad a la que el vehículo se desplaza durante su entrega [25].

Impacto vial

En el contexto del impacto vial, se propuso la Tasa de Accidentes para medir la frecuencia y severidad de accidentes relacionados con el transporte de carga, contribuyendo a mejorar la seguridad vial [35]. Se introdujo el Riesgo de Seguridad al Transportar Valores, evaluando el riesgo asociado al transportar cargas valiosas en rutas [49]. Se midió el Gradient_Longitudinal (LG), que se refiere a la pendiente de carreteras urbanas, crucial para influir en la velocidad de conducción, costos de transporte y seguridad [50]. Se presentó la Tasa de Participación de Incidentes, centrada en minimizar incidentes relacionados con el transporte de carga para mejorar la seguridad en las operaciones [8].

En cuanto a la congestión vehicular, se evalúa el Tráfico Congestionado y Emisiones de CO_2, enfocándose en el impacto ambiental de la congestión vehicular en operaciones de última milla y las emisiones de CO_2 asociadas [51]. Se trató el Impacto en la Congestión del Tráfico, utilizando datos sobre la velocidad del tráfico y variaciones para entender cómo el transporte de carga afecta la congestión del tráfico [52]. Se midió la Congestión del Tráfico mediante la frecuencia y duración de embotellamientos, evaluando cómo afecta la eficiencia de la última milla y la logística en general [53]. Se abordó el Número Promedio de Vehículos Estacionados Ilegalmente, midiendo el impacto del estacionamiento ilegal en la congestión vehicular [54]. Se introdujo el Alivio de la Congestión del Tráfico (TAR), cuantificando la reducción de la congestión causada por el transporte de carga [55]. Finalmente, se consideró la Eficiencia de Tráfico, centrándose en mejorar el flujo de tráfico en la ciudad para reducir tiempos de viaje y emisiones [56].

Gestión de infraestructura

En la gestión de infraestructura, el indicador Tasa de Ocupación fue utilizado para evaluar la eficiencia y uso de áreas de entrega o instalaciones logísticas urbanas [57]. También se aplicó para estimar la utilización de la infraestructura de carreteras por parte de vehículos de carga, traduciéndola en unidades equivalentes de automóviles de pasajeros (PCU) [8].

Se utilizó la Disponibilidad de Infraestructura para evaluar la capacidad y facilidad con la que se utilizan los recursos necesarios para operaciones en la red logística [58]. Por otra

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

parte, se midió la necesidad de recursos para respaldar eficientemente las operaciones logísticas y de transporte, incluyendo lugares de entrega, rotación de vehículos y áreas de estacionamiento bajo el indicador Demanda de Infraestructura de Transporte de Mercancías [8], que se refiere la necesidad de recursos para respaldar eficientemente las operaciones logísticas y de transporte, incluyendo lugares de entrega, rotación de vehículos y áreas de estacionamiento.

En la infraestructura para vehículos eléctricos, se introdujo el indicador de Infraestructura de Carga para Vehículos Eléctricos (EFV), centrándose en la disponibilidad y distribución de puntos de carga [11]. También, se resaltó la importancia de evaluar la Disponibilidad de la Infraestructura de Carga, crucial para determinar la viabilidad de la operación de vehículos eléctricos modulares [59]. Además, se cuantificó el número de estaciones de vehículos para evaluar la cantidad de ubicaciones donde pueden operar los vehículos [48].

Utilización de los recursos

Para evaluar la gestión de la utilización de los recursos se han utilizado algunos indicadores, entre ellos el concepto de Vehículo Equivalente [60], que compara el número de vehículos que utilizan los subcontratistas que operan de manera tradicional y aquellos que adoptan enfoques sostenibles. Esta métrica se calcula al convertir unidades de transporte, como bicicletas a furgonetas, y se determina como la suma del tiempo de trabajo de cada ciclista, dividido por las horas de trabajo de un subcontratista tradicional en un turno completo.

Los mismos autores utilizan la minimización del Número Total de Trabajadores y Vehículos, que busca optimizar las operaciones de última milla al reducir el número total de trabajadores y vehículos necesarios para realizar entregas a los clientes. Por otro lado, la Tasa de Uso Compartido de Vehículos (ST Rate) [61], se refiere a la tasa de recorridos en los que un vehículo tiene una ubicación de partida diferente de la de llegada, indicando que se completó mediante el uso compartido de flota. Este indicador evalúa el nivel de uso compartido de flotas y cómo varía en diferentes escenarios.

El Balanceo de Ruta indica la distribución justa de la carga de trabajo de los empleados entre vehículos en operaciones de entrega, optimizando rutas y tareas para prevenir fatiga y agotamiento [9]. Por otro lado, se evaluó la posibilidad de reducción de la carga de trabajo de los conductores, lo cual permite la realización de entregas simultáneas y la paralelización de tareas [62].

Otros

En el análisis de la DUM, se destacaron indicadores clave como la Densidad de Población [17], que ofrece perspectivas sobre la concentración urbana. Las Relaciones Comerciales [63] influyen en la colaboración efectiva en la cadena de suministro evaluada a través de factores como confianza, lealtad, oportunismo, estética de la información y alianzas corporativas.

El OEE (Overall Equipment Effectiveness) [26] mide la eficacia de los sistemas de transporte. Además, el Impacto en la Salud Pública (DALYs) [38] evalúa las repercusiones ambientales y de salud por la exposición a emisiones de transporte.

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

Indicadores de calidad

La evaluación de las operaciones en la DUM involucró indicadores fundamentales relacionados con la calidad del servicio y su impacto ambiental. Para medir la capacidad de satisfacer la demanda de los clientes y puntos de recogida se usó el indicador Cobertura de Clientes [31,64]. El Factor de Carga (calidad), fue propuesto para medir la proporción de pedidos entregados dentro de las ventanas de tiempo especificadas en comparación con el total de pedidos entregados [26,45]. La Satisfacción de la Demanda, que cuantifica la diferencia entre la demanda de pedidos y la capacidad de los vehículos, así como la experiencia del cliente, donde se midió la satisfacción general del cliente con el servicio de entrega, considerando factores como el tiempo de entrega, la puntualidad y la calidad de los productos entregados son abordados por Paul y Doreswamy [29].

En términos de calidad ambiental, la Calidad de Vida examina cómo las operaciones de transporte afectan la calidad de vida de los ciudadanos, considerando aspectos como la contaminación del aire, el ruido, la seguridad vial y la experiencia de los visitantes en zonas antiguas de las ciudades [9]. El Objetivo de Nivel de Servicio, contribuyó a mejorar la calidad de vida al reducir la contaminación y mejorar la eficiencia logística [65].

Indicadores de solución del modelo y eficiencia computacional

La calidad de las soluciones de los modelos orientados a solucionar problemas de la DUM se evalúa mediante diversos indicadores. La Desviación Porcentual [66] propuesto para calcular la diferencia porcentual entre los valores obtenidos en soluciones robustas y determinísticas, ofrece una evaluación de la robustez y calidad bajo diferentes niveles de incertidumbre y tamaños de problemas. El Hypervolume Indicator (HV) [67], mide la precisión y diversidad de las soluciones generadas por algoritmos, indicando la eficacia en la generación de soluciones de alta calidad.

Además, los indicadores de rendimiento y eficiencia computacional son cruciales. El *Throughput*, medido en mensajes por milisegundo [68], indica la capacidad del sistema para procesar y transmitir información de forma eficiente. Otros indicadores incluyen el Tiempo de Ejecución de la Heurística para medir la eficiencia computacional [69,70,71], el Número de Mejores Soluciones Encontradas para evaluar la capacidad del algoritmo en comparación con otros métodos [72], la Desviación Porcentual Relativa (RPD) para cuantificar la precisión de las soluciones, el Promedio de Desviaciones Porcentuales Relativas (ARPD) para resumir el rendimiento promedio a lo largo de instancias de prueba [2] y el Tiempo de Cálculo para evaluar el tiempo necesario para resolver cada instancia del problema.

Métodos empleados en la literatura para medir y evaluar los Indicadores de Desempeño en la DUM

Métodos de aproximación (heurísticas y metaheurísticas)

En la literatura se encuentran diversos métodos metaheurísticos y heurísticos como enfoques computacionales para resolver problemas de optimización y búsqueda. Estos métodos son estrategias generales diseñadas para guiar la exploración eficiente del espacio de soluciones en problemas complejos. En el contexto logístico, se han identificado y utilizado varios de estos métodos, cada uno adaptándose a diferentes desafíos y contextos específicos.

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

Heurísticos

Entre los métodos identificados, se encuentran el algoritmo de Búsqueda Local y de Vecindad Grande (LNS) para el PLRP-PS [19], el algoritmo SBPI para problemas MDP, el algoritmo VLSN para problemas de gran escala [66], el Recocido Simulado (SA) y Variable Búsqueda de vecindario Variable (VNS) [20], el *Tabu Search* (TS) con el enfoque Búsqueda tabú Multi-Punto (MSTS) [73], el algoritmo de Operador de Inserción para servicios dinámicos de compartición de viajes [74], el algoritmo de Agrupamiento para asignación eficiente de vehículos [41], y el Esperar y Regresar (WR y WI) para la toma de decisiones en tiempo activo de solicitudes solicitud [75].

Metaheurísticas

Las metaheurísticas como estrategias de optimización en espacios complejos, ofrecen flexibilidad y eficiencia para solucionar problemas en el contexto logístico. Entre este tipo se encontraron en la revisión sistemática las siguientes: algoritmo HY-NSGA-II K. [76] y HY-NSGA-II [77]. Se destacan por su enfoque evolutivo multiobjetivo Los algoritmos genéticos, inspirados en la evolución biológica [35,36,65]. Por otro lado, los Algoritmos Inmunológicos (IA) e Inmunológico Híbrido (HIA) incorporan conceptos de inmunidad y enfermedades epidémicas [2].

La Optimización por Enjambre de Partículas (PSO) modela partículas virtuales para buscar soluciones óptimas [3,55]. La Optimización Heurística (*Black Hole*) se inspira en agujeros negros para adaptarse y optimizar soluciones. Algoritmo de Colonia de Hormigas (ACO), basada en el comportamiento de hormigas, guía la búsqueda de rutas óptimas [37]. La Optimización Híbrida Basada en Biogeografía (HBBO) combina elementos de biogeografía y optimización para resolver problemas específicos [64].

Por último, las estrategias de optimización logística incluyen la Optimización Multiobjetivo, que busca soluciones óptimas bajo múltiples criterios [78].

Exactos

El Modelo Multinomial Logit (MNL) se aplica a elecciones discretas con varias opciones, como el método de entrega [79]. Las Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDP) modelan cambios en funciones con respecto a múltiples variables [80]. La Programación Estocástica aborda decisiones bajo incertidumbre, centrándose en la variabilidad de datos como la demanda o costos [81]. En la Optimización Combinatoria se buscan las mejores combinaciones de elementos o alternativas [82], mientras que la Programación Lineal Entera Mixta (MILP) utiliza variables enteras y continuas para resolver problemas complejos [67]. La Optimización Estocástica *(Sample Average Approximation - SAA)* aborda la incertidumbre en preferencias y decisiones [44].

Experimentación

En la experimentación, se recurre a diversas técnicas de simulación. Los Modelos de Elección Discreta (DCMs) analizan preferencias mediante encuestas [83]. La Simulación Dinámica observa la evolución de sistemas complejos en el tiempo [57,83]. El Modelo

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

MARS de la Universidad de Tecnología de Viena aborda interacciones en entornos metropolitanos [84]. La Simulación por Autómatas Celulares modela actividades de agentes [85]. La Simulación de Eventos Discretos es útil para sistemas con eventos en momentos específicos [54]. Finalmente, la Simulación Microscópica considera interacciones individuales, especialmente en la dinámica del tráfico [56].

La tabla 1 presenta una estructurada clasificación de los indicadores del 1 al 18, proporcionando una visión integral de los resultados de la investigación. Las columnas de la tabla se componen de 4 elementos cruciales: los indicadores enumerados como se indicó, los autores que abordaron los indicadores, el tipo de problema planteado y los métodos particulares de solución.

 DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

Tabla 1. Clasificación de los indicadores de desempeño

Indicadores	Autor	Tipo de problema	Tipo de solución	Indicadores	Autor	Tipo de problema	Tipo de solución
1, 14	Tamke y Buscher, 2021 [62]	Ruteo	Exacto	1, 4, 7, 18	Raj y Murray, 2020 [71]	Ruteo	Aproximación
1, 17, 18	Schermer et al., 2019 [22]	Ruteo	Exacto	1, 6	Salama y Srinivas, 2022 [20]	Múltiple objetivo	Aproximación
1, 18	Yu et al., 2022 [75]	Ruteo	Aproximación	1, 6	K. Wang et al., 2020 [76]	Ruteo	Aproximación
1, 2	Zeng et al., 2020 [86]	Ruteo	Aproximación	1, 6, 16	Ko et al., 2019 [24]	Otros	Aproximación
1, 2, 3, 18	Trott et al., 2021 [19]	Múltiple objetivo	Exacto	1, 6, 17	Ratnagiri et al., 2022 [41]	Múltiple objetivo	Aproximación
1, 2, 3, 8, 9	Resat, 2020 [27]	Diseño de red	Exacto	1, 6, 17	Ensafian et al 2023 [5]	Ruteo	Exacto
1, 2, 6, 18	Le Colleter et al., 2023 [19]	Ruteo	Aproximación	1, 6, 7, 9, 12	Bozkaya et al., 2017 [40]	Ruteo	Exacto
1, 2, 6, 8, 10, 12, 15	Miguel et al., 2019 [77]	Ruteo	Aproximación	1, 6, 8, 14, 17, 18	Chu et al., 2023 [82]	Ruteo	Aproximación
1, 2, 8, 11	Moufad et al., 2019 [57]	Gestión de flotas	Experimentación	1, 7, 17, 18, 18	Baudel et al., 2016 [52]	Ruteo	Aproximación
1, 2, 8, 14	Salama y Srinivas, 2020 [87]	Múltiple objetivo	Exacto	1, 8, 10, 13	Iwan y Małecki, 2017 [90]	Gestión de flotas	Experimentación
1, 3, 4, 5, 7	Muñoz-Villamizar et al., 2019 [39]	Gestión de flotas	Exacto	1, 9	De Oliveira Mota, 2021 [21]	Asignación	Aproximación
1, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 13	Thaller et al., 2017 [84]	Gestión de flotas	Experimentación	1,5, 6, 18	Borghetti et al., 2022 [79]	Diseño de red	Exacto
1, 3, 5, 6, 18	Tan et al., 2019 [33]	Ruteo	Aproximación	10, 11, 12, 18	Ezquerro et al., 2020 [54]	Múltiple objetivo	Experimentación
1, 3, 6	Yeomans, 2021 [88]	Ruteo	Aproximación	14, 6	Gaudron et al., 2020 [42]	Distribución	Experimentación
1, 3, 6, 12, 15	Rezgui et al., 2019 [59]	Asignación	Aproximación	2, 6, 7, 14, 18	Fehn et al., 2023 [43]	Otros	Experimentación
1, 4, 5,6, 18	Betti Sorbelli et al., 2022 [37]	Múltiple objetivo	Aproximación	2, 6, 7, 17	Paul y Doreswamy, 2021 [29]	Ruteo	Experimentación
1, 4, 6	Pelletier et al (2019) [89]	Ruteo	Exacto	2, 6, 7, 8, 12, 18	Haripriya et al., 2022 [66]	Ruteo	Aproximación

1. Indicadores de Tiempo de viaje y eficiencia, 2. Indicadores de Tiempo de Espera; 3. Indicadores de Emisiones y Contaminantes; 4. Indicadores de Impacto Ambiental y Sostenibilidad Energética; 5. Costos Económicos; 6. Costo de Ruta y Financieros; 7. Eficiencia de Desplazamiento; 8. Eficiencia Operativa; 9. Indicadores de seguridad; 10. Indicadores de Congestión Vehicular; 11. Tasa de Ocupación; 12. Disponibilidad de la Infraestructura; 13. Uso de recursos humanos y de vehículos; 14. Balanceo de ruta; 15. Otros indicadores; 16. Calidad del Servicio de Entrega; 17. Impacto en la Calidad de Vida y Medio Ambiente; 19. Indicadores de rendimiento y eficiencia computacional

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

Indicadores	Autor	Tipo de problema	Tipo de solución	Indicadores	Autor	Tipo de problema	Tipo de solución
2, 7	Wang et al., 2023 [30]	Ruteo	Aproximación	3, 8, 9, 17, 18	Aloui Hamaniy y Delahoche, 2021 [35]	Diseño de red	Aproximación
2, 8, 12, 17	Muñoz-Villamizar et al., 2019 [26]	Múltiple objetivo	Exacto	4, 6, 8, 17	Chen y Wang, 2020 [70]	Ruteo	Aproximación
2, 8, 16, 18	Ehmke y Campbell, 2014 [46]	Ruteo	Exacto	4, 7, 14	Stinson et al., 2019 [95]	Gestión de flotas	Experimentación
3, 4, 5, 6, 18	Olapiriyakul y Nguyen, 2019 [38]	Diseño de red	Exacto	4, 8, 14, 16	Sacramento et al., 2019 [25]	Ruteo	Aproximación
3, 4, 6	Vishwanath et al., 2014 [91]	Otros	Exacto	4, 8, 17	Gruzauskas et al., 2023 [31]	Múltiple objetivo	Experimentación
3, 4, 7, 14, 18	Kunnapapdeelert et al., 2022 [3]	Ruteo	Aproximación	5, 7, 10, 14, 16, 18	Crainic et al., 2016 [81]	Diseño de red	Probabilístico
3, 4, 8, 14, 18	Akkad y Bányai, 2020 [36]	Múltiple objetivo	Aproximación	5, 7, 14, 18	de Grancy, 2015 [96]	Ruteo	Aproximación
3, 5, 6, 8	Bányai, 2020 [92]	Múltiple objetivo	Aproximación	6, 10, 11	Hu et al., 2020 [55]	Localización	Exacto
3, 5, 6, 13, 17	Wang et al., 2017 [21]	Múltiple objetivo	Exacto	6, 16	Sawik et al., 2022 [51]	Localización	Exacto
3, 6	Validi et al., 2020 [93]	Múltiple objetivo	Exacto	6, 16, 11	Hiremath et al., 2013 [58]	Diseño de red	Aproximación
3, 6	Li et al., 2021 [65]	Múltiple objetivo	Aproximación	6, 7, 14, 17	Lu et al., 2022 [40]	Múltiple objetivo	Experimentación
3, 6, 10	Anderluh et al., 2021 [94]	Ruteo	Aproximación	6, 7, 16, 18	C. Wang et al., 2021 [48]	Múltiple objetivo	Probabilístico
3, 6, 16	Liu et al., 2021a [2]	Múltiple objetivo	Aproximación	6, 7, 18	Ren et al., 2021 [97]	Múltiple objetivo	Aproximación
3, 6, 18	Woody et al., 2022 [6]	Gestión de flotas	Exacto	6, 7, 8, 15, 18	Li et al., 2022 [67]	Ruteo	Exacto
3, 7	González-Varona et al., 2020 [7]	Ruteo	Experimentación	6.	Xia et al., 2021 [61]	Ruteo	Exacto
3, 8, 14	Perboli y Rosano, 2019 [60]	Gestión de flotas	Experimentación	7, 14, 15, 18	Luo et al., 2021 [73]	Ruteo	Aproximación

1.Indicadores de Tiempo de viaje y eficiencia, 2. Indicadores de Tiempo de Espera; 3. Indicadores de Emisiones y Contaminantes; 4. Indicadores de Impacto Ambiental y Sostenibilidad Energética; 5. Costos Económicos; 6. Costo de Ruta y Financieros; 7. Eficiencia de Desplazamiento; 8. Eficiencia Operativa; 9. Indicadores de seguridad; 10. Indicadores de Congestión Vehicular; 11. Tasa de Ocupación; 12. Disponibilidad de la Infraestructura; 13. Uso de recursos humanos y de vehículos; 14. Balanceo de ruta; 15. Otros indicadores; 16. Calidad del Servicio de Entrega; 17. Impacto en la Calidad de Vida y Medio Ambiente; 19. Indicadores de rendimiento y eficiencia computacional

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

Indicadores	Autor	Tipo de problema	Tipo de solución	Indicadores	Autor	Tipo de problema	Tipo de solución
7, 18	Arbabi et al., 2021 [98]	Ruteo	Aproximación	1, 2, 3, 8, 9	Resat, 2020 [27]	Diseño de red	Exacto
3, 4, 5, 6, 18	Olapiriyakul y Nguyen, 2019 [38]	Diseño de red	Exacto	3, 6, 18	Woody et al., 2022 [6]	Gestión de flotas	Exacto
1, 17, 18	Schermer et al., 2019 [22]	Ruteo	Exacto	1, 18	Yu et al., 2022 [75]	Ruteo	Aproximación
7, 18	Liu et al., 2021b [99]	Ruteo	Exacto	10, 11, 12, 18	Ezquerro et al., 2020 [54]	Múltiple objetivo	Experimentación
19	Y. Lin et al., 2022 [4]	Localización	Aproximación	1, 7, 17, 18, 18	Baudel et al., 2016 [52]	Ruteo	Aproximación
1, 14	Tamke y Buscher, 2021 [62]	Ruteo	Exacto	1, 6, 7, 9, 12	Bozkaya et al., 2017 [40]	Ruteo	Exacto
1, 6, 17	Ensafian et al 2023 [5]	Ruteo	Exacto	1, 3, 6, 12, 15	Rezgui et al., 2019 [59]	Asignación	Aproximación
1, 4, 7, 18	Raj y Murray, 2020 [71]	Ruteo	Aproximación	19	Jiang et al., 2019 [34]	Ruteo	Aproximación
1, 5, 18	Dang et al., 2022 [100]	Ruteo	Aproximación	3, 4, 8, 14, 18	Akkad y Bányai, 2020 [36]	Múltiple objetivo	Aproximación
1, 5, 18	Nguyen et al., 2022 [72]	Ruteo	Exacto	3, 6	Li et al., 2021 [65]	Múltiple objetivo	Aproximación
6	Xia et al., 2021 [61]	Ruteo	Exacto	1, 3, 6	Yeomans, 2021 [88]	Ruteo	Aproximación
3, 5, 6, 13, 17	Wang et al., 2017 [21]	Múltiple objetivo	Exacto	3, 8, 9, 17, 18	Aloui Hamaniy y Delahoche, 2021 [35]	Diseño de red	Aproximación
3, 6, 16	Liu et al., 2021a [2]	Múltiple objetivo	Aproximación	4, 6, 8, 17	Chen y Wang, 2020 [70]	Ruteo	Aproximación
2, 10,	Mohamed et al., 2020 [101]	Diseño de red	Simulación	19, 12	Yuan et al., 2021 [103]	Ruteo	Aproximación
1, 4, 6	Pelletier et al (2019) [89]	Ruteo	Exacto	6, 13, 18	Amiri y Farvaresh, 2023 [104]	Gestión de flotas	Exacto
8, 18	Xu et al., 2022 [102]	Múltiple objetivo	Aproximación				

1. Indicadores de Tiempo de viaje y eficiencia, 2. Indicadores de Tiempo de Espera; 3. Indicadores de Emisiones y Contaminantes; 4. Indicadores de Impacto Ambiental y Sostenibilidad Energética; 5. Costos Económicos; 6. Costo de Ruta y Financieros; 7. Eficiencia de Desplazamiento; 8. Eficiencia Operativa; 9. Indicadores de seguridad; 10. Indicadores de Congestión Vehicular; 11. Tasa de Ocupación; 12. Disponibilidad de la Infraestructura; 13. Uso de recursos humanos y de vehículos; 14. Balanceo de ruta; 15. Otros indicadores; 16. Calidad del Servicio de Entrega; 17. Impacto en la Calidad de Vida y Medio Ambiente; 19. Indicadores de rendimiento y eficiencia computacional

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

CONCLUSIONES

El análisis bibliométrico de la literatura sobre los indicadores de desempeño de logística de última milla y la DUM, revela un crecimiento significativo en la investigación, con un aumento e interés por el tema cada vez mayor. La colaboración científica es notable y refleja la superioridad que existe entre los países que predominan el campo de investigación. El análisis de clústeres señala áreas clave, como logística y entregas, diseño y optimización, y transporte por carretera. En esta revisión sistemática de la literatura se puede observar una amplia variedad de indicadores que destacan la complejidad de las operaciones de la DUM, evidenciando la interconexión y relevancia de estos factores. La combinación de indicadores detallados y métodos avanzados de evaluación subraya la importancia crítica de medir estas métricas para lograr la adaptabilidad y optimización necesarias en la logística moderna. La diversidad de enfoques resalta la imperativa necesidad de soluciones personalizadas para afrontar de manera efectiva los desafíos específicos en la cadena de suministro y distribución.

El vertiginoso avance tecnológico, especialmente en campos como la inteligencia artificial, vehículos autónomos y análisis de datos, resalta la imperativa necesidad de adaptarse de manera continua a estas tendencias. La incorporación efectiva de estas tecnologías emergentes no solo puede revolucionar la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones logísticas, sino que tiene el potencial de transformar radicalmente la calidad de vida en entornos urbanos. A través de un enfoque transformador, las condiciones de habitabilidad en las ciudades pueden mejorar significativamente, ofreciendo soluciones innovadoras que optimicen la movilidad, reduzcan la congestión y minimicen los impactos ambientales. Este cambio hacia entornos urbanos más habitables se basa en la capacidad de la tecnología para proporcionar soluciones inteligentes y sostenibles que no solo optimizan la logística, sino que también influyen positivamente en la experiencia diaria de los residentes urbanos.

En última instancia, se destacan algunas posibilidades para investigaciones futuras basadas en la discusión sobre los diferentes componentes de cada uno de estos indicadores y cómo podrían capturar datos de manera eficiente, con el fin de realizar cálculos para conjuntos de indicadores que utilicen componentes similares o que puedan extrapolarse de acuerdo con la medición de varios componentes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al programa Jóvenes Investigadores del Instituto Metropolitano de Medellín por el apoyo financiero para el desarrollo de este trabajo.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Cristian Gómez y Conrado Serna concibieron la investigación. Alejandro Molina y Cristian Gómez desarrollaron la metodología, realizaron el trabajo metodológico, la búsqueda

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

bibliográfica, el respectivo análisis bibliométrico y redactaron el manuscrito. Cristian Gómez revisó críticamente el contenido intelectual del manuscrito.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflicto de intereses en relación a la publicación de este artículo.

DOI: https://doi.org/10.18272/aci.v16i1.3226

REFERENCIAS

[1] De Assis, T. F., De Abreu, V. H. S., Da Costa, M. G. y D'Agosto, M. de A. (2022). Methodology for prioritizing best practices applied to the sustainable last mile—The case of a brazilian parcel delivery service company. *Sustainability*, *14*(7), 3812. doi: https://doi.org/10.3390/su14073812

[2] Liu, D., Deng, Z., Zhang, W., Wang, Y. y Kaisar, E. I. (2021). Design of sustainable urban electronic grocery distribution network. *Alexandria Engineering Journal*, *60*(1), 145–157. doi: https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.06.051

[3] Kunnapapdeelert, S., Johnson, J. V. y Phalitnonkiat, P. (2022). Green last-mile route planning for efficient e-commerce distribution. *Engineering Management in Production and Services*, *14*(1), 1–12. doi: https://doi.org/10.2478/emj-2022-0001

[4] Lin, Y., Wang, Y., Lee, L. H. y Chew, E. P. (2022). Profit-maximizing parcel locker location problem under threshold Luce model. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *157*, 102541. doi: https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102541

[5] Ensafian, H., Zare Andaryan, A., Bell, M. G. H., Glenn Geers, D., Kilby, P. y Li, J. (2023). Cost-optimal deployment of autonomous mobile lockers co-operating with couriers for simultaneous pickup and delivery operations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *146*, 103958. doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103958

[6] Woody, M., Craig, M. T., Vaishnav, P. T., Lewis, G. M. y Keoleian, G. A. (2022). Optimizing future cost and emissions of electric delivery vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, *26*(3), 1108–1122. doi: https://doi.org/10.1111/jiec.13263

[7] González-Varona, J. M., Villafáñez, F., Acebes, F., Redondo, A. y Poza, D. (2020). Reusing newspaper kiosks for last-mile delivery in urban areas. *Sustainability*, *12*(22), 9770. doi: https://doi.org/10.3390/su12229770

[8] Kaszubowski, D. (2019). A method for the evaluation of urban freight transport models as a tool for improving the delivery of sustainable urban transport policy. *Sustainability*, *11*(6), 1535. doi: https://doi.org/10.3390/su11061535

[9] Reyes-Rubiano, L., Serrano-Hernandez, A., Montoya-Torres, J. R. y Faulin, J. (2021). The sustainability dimensions in intelligent urban transportation: a paradigm for smart cities. *Sustainability*, *13*(19), 10653. doi: https://doi.org/10.3390/su131910653

[10] Otte, T. y Meisen, T. (2021). A reference framework for the performance-based decision support of city authorities in urban freight transport. *International Conference on ICT for Smart Society (ICISS)*, 1–7. doi: https://doi.org/10.1109/ICISS53185.2021.9533210

[11] Galati, A., Giacomarra, M., Concialdi, P. y Crescimanno, M. (2021). Exploring the feasibility of introducing electric freight vehicles in the short food supply chain: A multi-stakeholder approach. *Case Studies on Transport Policy*, *9*(2), 950–957. doi: https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.04.015

[12] Zhang, R., Dou, L., Xin, B., Chen, C., Deng, F. y Chen, J. (2023). A review on the truck and drone cooperative delivery problem. *Unmanned Systems*, 1–25. doi: https://doi.org/10.1142/S2301385024300014

[13] Nenni, M. E., Sforza, A. y Sterle, C. (2019). Sustainability-based review of urban freight models. *Soft Computing*, *23*(9), 2899–2909. doi: https://doi.org/10.1007/s00500-019-03786-x

[14] Ranieri, L., Digiesi, S., Silvestri, B. y Roccotelli, M. (2018). A review of last mile logistics innovations in and externalities cost reduction vision. *Sustainability*, *10*(3), 782. doi: https://doi.org/10.3390/su10030782

[15] Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, *104*, 333–339. doi: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039

[16] Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. y Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, *6*(7), e1000097. doi: https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097

[17] Russo, F. y Comi, A. (2016). Urban freight transport planning towards green goals: Synthetic environmental evidence from tested results. *Sustainability (Switzerland)*, *8*(4). doi: https://doi.org/10.3390/su8040381

[18] Trott, M., Baur, N.-F., Auf der Landwehr, M., Rieck, J. y von Viebahn, C. (2021). Evaluating the role of commercial parking bays for urban stakeholders on last-mile deliveries – A consideration of various sustainability aspects. *Journal of Cleaner Production*, *312*, 127462. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127462

[19] Le Colleter, T., Dumez, D., Lehuédé, F. y Péton, O. (2023). Small and large neighborhood search for the park-and-loop routing problem with parking selection. *European Journal of Operational Research*, *308*(3), 1233–1248. doi: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.01.007

[20] Salama, M. R. y Srinivas, S. (2022). Collaborative truck multi-drone routing and scheduling problem: Package delivery with flexible launch and recovery sites. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *164*, 102788. doi: https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102788

[21] Wang, Y., Tian, X. y Liu, D. (2017). Optimization of urban multi-level logistics distribution network based on the perspective of low carbon. *2017 Chinese Automation Congress (CAC)*, 4896–4900. doi: https://doi.org/10.1109/CAC.2017.8243646

[22] Schermer, D., Moeini, M. y Wendt, O. (2019). A hybrid VNS/Tabu search algorithm for solving the vehicle routing problem with drones and en route operations. *Computers & Operations Research*, *109*, 134–158. doi: https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.04.021

[23] De Oliveira Mota, D. (2021). Dynamic dispatch algorithm proposal for last-mile delivery vehicle. *IEEE Latin America Transactions*, *19*(10), 1618–1623. doi: https://doi.org/10.1109/TLA.2021.9477223

[24] Ko, S., Cho, S. y Lee, C. (2018). Pricing and collaboration in last mile delivery services. *Sustainability*, *10*(12), 4560. doi: https://doi.org/10.3390/su10124560

[25] Sacramento, D., Pisinger, D. y Ropke, S. (2019). An adaptive large neighborhood search metaheuristic for the vehicle routing problem with drones. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *102*, 289–315. doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.02.018

[26] Villamizar, A., Santos, J., Montoya-Torres, J. R. y Jaca, C. (2018). Using OEE to evaluate the effectiveness of urban freight transportation systems: A case study. *International Journal of Production Economics*, *197*, 232–242. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.01.011

[27] Resat, H. G. (2020). Design and analysis of novel hybrid multi-objective optimization approach for data-driven sustainable delivery systems. *IEEE Access*, *8*, 90280–90293. doi: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2994186

[28] Fatnassi, E., Chaouachi, J. y Klibi, W. (2015). Planning and operating a shared goods and passengers on-demand rapid transit system for sustainable city-logistics. *Transportation Research Part B: Methodological*, *81*, 440–460. doi: https://doi.org/10.1016/j.trb.2015.07.016

[29] Paul, S. y Doreswamy, G. (2021). Simulation and optimization framework for on-demand grocery delivery. *Winter Simulation Conference (WSC)*, 1–12. doi: https://doi.org/10.1109/WSC52266.2021.9715480

[30] Wang, Y., Ropke, S., Wen, M. y Bergh, S. (2023). The mobile production vehicle routing problem: Using 3D printing in last mile distribution. *European Journal of Operational Research*, *305*(3), 1407–1423. doi: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.06.038

[31] Gruzauskas, V., Burinskiene, A. y Krisciunas, A. (2023). Application of information-sharing for resilient and sustainable food delivery in last-mile logistics. *Mathematics*, *11*(2), 303. doi: https://doi.org/10.3390/math11020303

[32] Regué, R. y Bristow, A. L. (2013). Appraising freight tram schemes: a case study of Barcelona. *EJTIR Issue*, *13*(1), 56–78. www.ejtir.tbm.tudelft.nl

[33] Tan, Y., Deng, L., Li, L. y Yuan, F. (2019). The capacitated pollution routing problem with pickup and delivery in the last mile. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, *31*(4), 1193–1215. doi: https://doi.org/10.1108/APJML-06-2018-0217

[34] Jiang, L., Chang, H., Zhao, S., Dong, J. y Lu, W. (2019). A travelling salesman problem with carbon emission reduction in the last mile delivery. *IEEE Access*, *7*, 61620–61627. doi: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2915634

[35] Aloui, A., Hamani, N. y Delahoche, L. (2021). An integrated optimization approach using a collaborative strategy for sustainable cities freight transportation: A Case study. *Sustainable Cities and Society*, *75*, 103331. doi: https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103331

[36] Akkad, M. Z. y Bányai, T. (2020). Multi-objective approach for optimization of city logistics considering energy efficiency. *Sustainability*, *12*(18), 7366. doi: https://doi.org/10.3390/su12187366

[37] Betti Sorbelli, F., Corò, F., Das, S. K., Palazzetti, L. y Pinotti, C. M. (2022). On the scheduling of conflictual deliveries in a last-mile delivery scenario with truck-carried drones. *Pervasive and Mobile Computing*, *87*, 101700. doi: https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2022.101700

[38] Olapiriyakul, S. y Nguyen, T. T. (2019). Land use and public health impact assessment in a supply chain network design problem: A case study. *Journal of Transport Geography*, *75*, 70–81. doi: https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.01.011

[39] Muñoz-Villamizar, A., Quintero-Araújo, C. L., Montoya-Torres, J. R. y Faulin, J. (2019). Short- and mid-term evaluation of the use of electric vehicles in urban freight transport collaborative networks: a case study. *International Journal of Logistics Research and Applications*, *22*(3), 229–252. doi: https://doi.org/10.1080/13675567.2018.1513467

[40] Lu, M., Huang, C. y Teng, J. (2022). Multi-agent simulation for online fresh food autonomous delivery. *Xitong Fangzhen Xuebao / Journal of System Simulation*, *34*(6), 1185–1195. doi: https://doi.org/10.16182/j.issn1004731x.joss.20-1050

[41] Ratnagiri, M., O'Dwyer, C., Beaver, L. E., Bang, H., Chalaki, B. y Malikopoulos, A. A. (2022). A scalable last-mile delivery service: from simulation to scaled experiment. *IEEE 25th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 4163–4168. doi: https://doi.org/10.1109/ITSC55140.2022.9921797

[42] Gaudron, A., Tamayo, S. y Fortelle, A. de La. (2020). Interactive simulation for collective decision making in city logistics. *Transportation Research Procedia*, *46*, 157–164. doi: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.176

[43] Fehn, F., Engelhardt, R., Dandl, F., Bogenberger, K. y Busch, F. (2023). Integrating parcel deliveries into a ride-pooling service—An agent-based simulation study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *169*. doi: https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.103580

[44] Horner, H., Pazour, J. y Mitchell, J. E. (2021). Optimizing driver menus under stochastic selection behavior for ridesharing and crowdsourced delivery. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *153*, 102419. doi: https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102419

[45] Manchella, K., Haliem, M., Aggarwal, V. y Bhargava, B. (2022). PassGoodPool: joint passengers and goods fleet management with reinforcement learning aided pricing, matching, and route planning. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *23*(4), 3866–3877. doi: https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3128877

[46] Ehmke, J. F. y Campbell, A. M. (2014). Customer acceptance mechanisms for home deliveries in metropolitan areas. *European Journal of Operational Research*, *233*(1), 193–207. doi: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.08.028

[47] Guzenko, A. y Guzenko, N. (2022). Process optimization for last mile logistics. *Transportation Research Procedia*, *63*, 1700–1707. doi: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.184

[48] Wang, C., Lan, H., Saldanha-da-Gama, F. y Chen, Y. (2021). on optimizing a multi-mode last-mile parcel delivery system with vans, truck and Drone. *Electronics*, *10*(20), 2510. doi: https://doi.org/10.3390/electronics10202510

[49] Bozkaya, B., Salman, F. S. y Telciler, K. (2017). An adaptive and diversified vehicle routing approach to reducing the security risk of cash-in-transit operations. *Networks*, *69*(3), 256–269. doi: https://doi.org/10.1002/net.21735

[50] Huang, D. y Han, M. (2021). An optimization route selection method of urban oversize cargo transportation. *Applied Sciences*, *11*(5), 2213. doi: https://doi.org/10.3390/app11052213

[51] Sawik, B., Serrano-Hernandez, A., Muro, A. y Faulin, J. (2022). Multi-Criteria simulation-optimization analysis of usage of automated parcel lockers: a practical approach. *Mathematics*, *10*(23), 4423. doi: https://doi.org/10.3390/math10234423

[52] Baudel, T., Dablanc, L., Alguiar-Melgarejo, P. y Ashton, J. (2016). Optimizing urban freight deliveries: from designing and testing a prototype system to addressing real life challenges. *Transportation Research Procedia*, *12*, 170–180. doi: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.056

[53] Šego, D., Hinić, M. L. y Poljičak, A.-M. (2020). Methods of goods delivery to the historic core of the city of šibenik during the tourist season. *LOGI – Scientific Journal on Transport and Logistics*, *11*(1), 88–98. doi: https://doi.org/10.2478/logi-2020-0009

[54] Ezquerro, S., Moura, J. L. y Alonso, B. (2020). Illegal use of loading bays and its impact on the use of public space. *Sustainability*, *12*(15), 5915. doi: https://doi.org/10.3390/su12155915

[55] Hu, W., Dong, J., Hwang, B., Ren, R. y Chen, Z. (2020). Hybrid optimization procedures applying for two-echelon urban underground logistics network planning: A case study of Beijing. *Computers & Industrial Engineering*, *144*, 106452. doi: https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106452

[56] Muriel, J. E., Zhang, L., Franso, J. C. y Perez-Franco, R. (2022). Assessing the impacts of last mile delivery strategies on delivery vehicles and traffic network performance. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *144*, 103915. doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103915

[57] Moufad, I., Jawab, F. y Bouklata, A. (2019). A simulation framework to study the impacts of loading/unloading areas on the urban traffic. *2019 International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA)*, 1–6. doi: https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA.2019.8907304

[58] Hiremath, N. C., Sahu, S. y Tiwari, M. K. (2013). Multi objective outbound logistics network design for a manufacturing supply chain. *Journal of Intelligent Manufacturing*, *24*(6), 1071–1084. doi: https://doi.org/10.1007/s10845-012-0635-8

[59] Rezgui, D., Chaouachi Siala, J., Aggoune-Mtalaa, W. y Bouziri, H. (2019). Application of a variable neighborhood search algorithm to a fleet size and mix vehicle routing problem with electric modular vehicles. *Computers & Industrial Engineering*, *130*, 537–550. doi: https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.03.001

[60] Perboli, G. y Rosano, M. (2019). Parcel delivery in urban areas: Opportunities and threats for the mix of traditional and green business models. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *99*, 19–36. doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.01.006

[61] Xia, Y., Zeng, W., Xing, X., Zhan, Y., Tan, K. H. y Kumar, A. (2023). Joint optimisation of drone routing and battery wear for sustainable supply chain development: a mixed-integer programming model based on blockchain-enabled fleet sharing. *Annals of Operations Research*, *327*(1), 89–127. doi: https://doi.org/10.1007/s10479-021-04459-5

[62] Tamke, F. y Buscher, U. (2021). A branch-and-cut algorithm for the vehicle routing problem with drones. *Transportation Research Part B: Methodological*, *144*, 174–203. doi: https://doi.org/10.1016/j.trb.2020.11.011

[63] Lagin, M., Håkansson, J., Nordström, C., Nyberg, R. G. y Öberg, C. (2022). Last-mile logistics of perishable products: a review of effectiveness and efficiency measures used in empirical research. *International Journal of Retail & Distribution Management*, *50*(13), 116–139. doi: https://doi.org/10.1108/IJRDM-02-2021-0080

[64] Jiang, L., Zang, X., Alghoul, I. I. Y., Fang, X., Dong, J. y Liang, C. (2022). Scheduling the covering delivery problem in last mile delivery. *Expert Systems with Applications*, *187*, 115894. doi: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115894

[65] Li, S., Liang, Y., Wang, Z. y Zhang, D. (2021). An optimization model of a sustainable city logistics network design based on goal programming. *Sustainability*, *13*(13), 7418. doi: https://doi.org/10.3390/su13137418

[66] Haripriya, K. y Ganesan, V. K. (2022). Solving Large Scale Vehicle Routing Problems with Hard Time Windows under Travel Time Uncertainty. *IFAC-PapersOnLine*, *55*(10), 233–238. doi: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.394

[67] Li, J., Fang, Y. y Tang, N. (2022). A cluster-based optimization framework for vehicle routing problem with workload balance. *Computers & Industrial Engineering*, *169*, 108221. doi: https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108221

[68] Gómez-Marín, C. G., Mosquera-Tobón, J. D. y Serna-Urán, C. A. (2023). Integrating multi-agent system and microsimulation for dynamic modeling of urban freight transport. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, *51*(4), 409–416. doi: https://doi.org/10.3311/PPtr.21024

[69] Guimarães, L. R., de Sousa, J. P. y Prata, B. de A. (2022). Variable fixing heuristics for the capacitated multicommodity network flow problem with multiple transport lines, a heterogeneous fleet and time windows. *Transportation Letters*, *14*(2), 84–93. doi: https://doi.org/10.1080/19427867.2020.1815143

[70] Chen, F. y Wang, Y. (2020). Downward compatible loading optimization with inter-set cost in automobile outbound logistics. *European Journal of Operational Research*, *287*(1), 106–118. doi: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.04.029

[71] Raj, R. y Murray, C. (2020). The multiple flying sidekicks traveling salesman problem with variable drone speeds. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *120*, 102813. doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102813

[72] Nguyen, M. A., Dang, G. T.-H., Hà, M. H. y Pham, M.-T. (2022). The min-cost parallel drone scheduling vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, *299*(3), 910–930. doi: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.07.008

[73] Luo, Z., Poon, M., Zhang, Z., Liu, Z. y Lim, A. (2021). The Multi-visit traveling salesman problem with multi-drones. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *128*, 103172. doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2021.103172

[74] Xu, Y., Tong, Y., Shi, Y., Tao, Q., Xu, K. y Li, W. (2019). An efficient insertion operator in dynamic ridesharing services. *IEEE 35th International Conference on Data Engineering (ICDE)*, 1022–1033. doi: https://doi.org/10.1109/ICDE.2019.00095

[75] Yu, H., Luo, X. y Wu, T. (2022). Online pickup and delivery problem with constrained capacity to minimize latency. *Journal of Combinatorial Optimization*, *43*(5), 974–993. doi: https://doi.org/10.1007/s10878-020-00615-y

[76] Wang, K., Yuan, B., Zhao, M. y Lu, Y. (2020). Cooperative route planning for the drone and truck in delivery services: A bi-objective optimisation approach. *Journal of the Operational Research Society*, *71*(10), 1657–1674. doi: https://doi.org/10.1080/01605682.2019.1621671

[77] Miguel, F., Frutos, M., Tohme, F. y Babey, M. M. (2019). a decision support tool for urban freight transport planning based on a multi-objective evolutionary algorithm. *IEEE Access*, *7*, 156707–156721. doi: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2949948

[78] Ji, Y., Qu, S. y Yu, Z. (2017). Bi-level multi-objective optimization model for last mile delivery using a discrete approach. *Journal of Difference Equations and Applications*, *23*(1–2), 179–190. doi: https://doi.org/10.1080/10236198.2016.1210607

[79] Borghetti, F., Caballini, C., Carboni, A., Grossato, G., Maja, R. y Barabino, B. (2022). The use of drones for last-mile delivery: a numerical case study in Milan, Italy. *Sustainability*, *14*(3), 1766. doi: https://doi.org/10.3390/su14031766

[80] Keimer, A., Laurent-Brouty, N., Farokhi, F., Signargout, H., Cvetkovic, V., Bayen, A. M. y Johansson, K. H. (2018). Information Patterns in the Modeling and Design of Mobility Management Services. *Proceedings of the IEEE*, *106*(4), 554–576. doi: https://doi.org/10.1109/JPROC.2018.2800001

[81] Crainic, T. G., Errico, F., Rei, W. y Ricciardi, N. (2016). Modeling demand uncertainty in two-tier city logistics tactical planning. *Transportation Science*, *50*(2), 559–578. doi: https://doi.org/10.1287/trsc.2015.0606

[82] Chu, H., Zhang, W., Bai, P. y Chen, Y. (2023). Data-driven optimization for last-mile delivery. *Complex & Intelligent Systems*, *9*(3), 2271–2284. doi: https://doi.org/10.1007/s40747-021-00293-1

[83] Le Pira, M., Marcucci, E., Gatta, V., Inturri, G., Ignaccolo, M. y Pluchino, A. (2017). Integrating discrete choice models and agent-based models for ex-ante evaluation of stakeholder policy acceptability in urban freight transport. *Research in Transportation Economics*, *64*, 13–25. doi: https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.08.002

[84] Thaller, C., Niemann, F., Dahmen, B., Clausen, U. y Leerkamp, B. (2017). Describing and explaining urban freight transport by System Dynamics. *Transportation Research Procedia*, *25*, 1075–1094. doi: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.480

[85] Emberger, G. y Pfaffenbichler, P. (2020). A quantitative analysis of potential impacts of automated vehicles in Austria using a dynamic integrated land use and transport interaction model. *Transport Policy*, *98*, 57–67. doi: https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.06.014

[86] Zeng, Y., Tong, Y. y Chen, L. (2020). Last-mile delivery made practical: An efficient route planning framework with theoretical guarantees. *Proceedings of the VLDB Endowment, 13*(3), 320–333. doi: https://doi.org/10.14778/3368289.3368297

[87] Salama, M. y Srinivas, S. (2020). Joint optimization of customer location clustering and drone-based routing for last-mile deliveries. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 114*, 620–642. doi: https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.01.019

[88] Yeomans, J. S. (2021). A multicriteria, bat algorithm approach for computing the range limited routing problem for electric trucks. *Wseas Transactions On Circuits And Systems*, *20*, 96–106. doi: https://doi.org/10.37394/23201.2021.20.13

[89] Pelletier, S., Jabali, O. y Laporte, G. (2019). The electric vehicle routing problem with energy consumption uncertainty. *Transportation Research Part B: Methodological*, *126*, 225–255. doi: https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.06.006

[90] Iwan, S. y Małecki, K. (2017). Utilization of cellular automata for analysis of the efficiency of urban freight transport measures based on loading/unloading bays example. *Transportation Research Procedia*, *25*, 1021–1035. doi: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.476

[91] Vishwanath, A., Gan, H. S., Kalyanaraman, S., Winter, S. y Mareels, I. (2014). Personalised public transportation: A new mobility model for urban and suburban transportation. *17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 1831–1836. doi: https://doi.org/10.1109/ITSC.2014.6957959

[92] Bányai, T. (2018). Real-Time decision making in first mile and last mile logistics: how smart scheduling affects energy efficiency of hyperconnected supply chain solutions. *Energies*, *11*(7), 1833. doi: https://doi.org/10.3390/en11071833

[93] Validi, S., Bhattacharya, A. y Byrne, P. J. (2020). Sustainable distribution system design: a two-phase DoE-guided meta-heuristic solution approach for a three-echelon bi-objective AHP-integrated location-routing model. *Annals of Operations Research*, *290*(1–2), 191–222. doi: https://doi.org/10.1007/s10479-018-2887-y

[94] Anderluh, A., Nolz, P. C., Hemmelmayr, V. C. y Crainic, T. G. (2021). Multi-objective optimization of a two-echelon vehicle routing problem with vehicle synchronization and 'grey zone' customers arising in urban logistics. *European Journal of Operational Research*, *289*(3), 940–958. doi: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.07.049

[95] Stinson, M., Enam, A., Moore, A. y Auld, J. (2019). Citywide impacts of e-commerce. *Proceedings of the 2nd ACM/EIGSCC Symposium on Smart Cities and Communities, 10*, 1–7. doi: https://doi.org/10.1145/3357492.3358633

[96] de Grancy, G. S. (2015). An Adaptive Metaheuristic for Vehicle Routing Problems with Time Windows and Multiple Service Workers. *J. Univers. Comput. Sci., 21*, 1143–1167. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:14308183

[97] Ren, T., Jiang, Z., Cai, X., Yu, Y., Xing, L., Zhuang, Y. y Li, Z. (2021). A dynamic routing optimization problem considering joint delivery of passengers and parcels. *Neural Computing and Applications, 33*(16), 10323–10334. doi: https://doi.org/10.1007/s00521-021-05794-1

[98] Arbabi, H., Nasiri, M. M. y Bozorgi-Amiri, A. (2021). A hub-and-spoke architecture for a parcel delivery system using the cross-docking distribution strategy. *Engineering Optimization, 53*(9), 1593–1612. doi: https://doi.org/10.1080/0305215X.2020.1808973

[99] Liu, D., Yan, P., Pu, Z., Wang, Y. y Kaisar, E. I. (2021b). Hybrid artificial immune algorithm for optimizing a Van-Robot E-grocery delivery system. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 154*, 102466. doi: https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102466

[100] Dang, Y., Allen, T. T. y Singh, M. (2022). A heterogeneous vehicle routing problem with common carriers and time regulations: Mathematical formulation and a two-color ant colony search. *Computers & Industrial Engineering, 168*, 108036. doi: https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108036

[101] Mohamed Ben, S., Jawab Sidi Mohamed Ben, F., Imane, M. y Fouad, J. (2020). Dassia: A Micro-Simulation approach to diagnose urban freight delivery areas impacts on traffic flow. *International Journal of Scientific and Technology Research, 9*(2), 3737–3742.

[102] Xu, Y., Tong, Y., Shi, Y., Tao, Q., Xu, K. y Li, W. (2019). An Efficient Insertion Operator in Dynamic Ridesharing Services. *IEEE 35th International Conference on Data Engineering (ICDE)*, 1022–1033. doi: https://doi.org/10.1109/ICDE.2019.0009

[103] Yuan, Y., Cattaruzza, D., Ogier, M., Semet, F. y Vigo, D. (2021). A column generation based heuristic for the generalized vehicle routing problem with time windows. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 152*, 102391. doi: https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102391

[104] Amiri, M. y Farvaresh, H. (2023). Carrier collaboration with the simultaneous presence of transferable and non-transferable utilities. *European Journal of Operational Research, 304*(2), 596–617. doi: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.04.033